

**KANTALUUN MORFOLOGIAN MITTAUSTEN
TOISTETTAVUUS SYNTYMÄKOHORTISSA 1966**

Kerttula, Tytti
Syventävien opintojen tutkielma
Lääketieteen tutkinto-ohjelma
Lääketieteellinen tiedekunta
Oulun yliopisto
04/2018
Prof. Niinimäki Jaakko
Prof. Lehenkari Petri

TIIVISTELMÄ

Kerttula, Tytti:	Kantaluun morfologian mittausten toistettavuus syntymäkohortissa 1966
Syventävien opintojen tutkielma:	22 sivua, 6 liitettä

Kantaluu eli calcaneus on keskeinen osa jalkaterän rakennetta ja sen morfologialla on merkitystä jalkaterän biomekaniikkaan ja koko askeltamissykliin. Jalkaterän kiputilat ovat hyvin yleisiä väestössä ja voivat osin johtua kantaluun rakenteesta ja tähän kiinnittyvistä rakenteista. Oireettomien jalkaterien kantaluiden rakenteesta ei juurikaan ole julkaistua tutkimustietoa.

Kliinisessä työssä kantaluun morfologian määrittämiseen käytetään useita kansainvälisessä kirjallisuudessa hyväksytyjä parametreja. Kun mittausparametreja määritetään, on tärkeää, että ne määritetään tavalla, jolla niiden toistettavuus lukijan sisällä ja lukijoiden välillä eri mittauskerroilla on mahdollisimman hyvää. Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään kahdeksan kansainvälisessä kirjallisuudessa hyväksytyn ja kliinisessä työssä käytetyn kantaluun morfologian määrittämiseen tarkoitetun mittausparametrin toistettavuutta.

Tutkimus toteutettiin kahden kokemattoman mittaajan toimesta. Tutkimuksen aineistona käytettiin jalkaterän natiivisivuröntgenkuvia Pohjois-Suomen syntymäkohortti 1966-aineistosta. Toinen mittaajista luki 350 jalkaparia ja toinen 1050 jalkaparia. Mittaajan sisäistä luennan toistettavuutta määritettiin 20 toistuneesta jalkaparista ja mittaajien välistä luennan toistettavuutta 80 jalkaparista. Toistettavuutta arvioitiin tilastomatematisilla menetelmillä. Tässä tutkimuksessa käytimme toistettavuuden arviointiin luokan sisäistä korrelaatiokerrointa ja kappa-arvoa. Mittaukset suoritettiin sivusuuntaisista seisaallaan otetuista jalkaterän natiiviröntgenkuvista. Kantaluusta määrittämämme mittausparametrit olivat seuraavat: 1. posterior process elevation, 2. calcaneal pitch, 3. calcaneal-first metatarsal angle, 4. talocalcaneal inclination, 5. calcaneal spur, 6. achilles spur, 7. calcaneal elevation ja 8. Chauveaux-Liet angle.

Tässä tutkimuksessa tuloksena saatiin edellä mainituille calcaneuksen mittausparametreille suurelta osin hyvää ja erinomaista toistettavuutta sekä mittaajan sisäisessä luennassa että mittaajien välisessä luennassa. Huonoiten toistettavissa olivat calcaneal spur ja achilles spur mittaukset. Toistettavuus määrittämillemme parametreille voisi olla vieläkin parempaa, mikäli selvitetäisiin kokeneiden lukijoiden sisäistä ja välistä luennan toistettavuutta. Useamman lukijan välistä toistettavuutta olisi mielenkiintoista selvittää.

Avainsanat: kantaluu, kuvaluenta, mittausparametri, röntgenkuvaus, toistettavuus.

SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO.....	3
1. JOHDANTO.....	4
2. TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN TAUSTA.....	5
2.1 Kantaluun anatomia.....	5
2.2 Kantaluun mittausparametrit.....	5
3. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT.....	7
4. TUTKIMUSAINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT.....	8
4.1 Tutkimusaineistosta.....	8
4.2 Tilastomatematisista menetelmistä.....	10
4.2.1 Luokan sisäinen korrelaatiokerroin.....	10
4.2.2 Kappa-arvot.....	11
4.2.3 Tilastomatematisien menetelmien valinta.....	11
5. TULOKSET.....	12
6. POHDINTA.....	19
7. LÄHTEET.....	21

LIITTEET

Liite 1. POSTERIOR PROCESS ELEVATION (Haglund's deformity)

Liite 2. CALCANAL PITCH AND 3. CALCANEAL – FIRST METATARSAL ANGLE

Liite 3. TALO-CALCANEAL INCLINATION (TCI)

Liite 4. CALCANEAL TENDON SPUR AND 6. ACHILLES TENDON SPUR

Liite 5. CALCANEAL ELEVATION

Liite 6. CHAUVEAUX-LIET ANGLE

1. JOHDANTO

Kantaluu eli calcaneus on kookkain tarsaaliluista ja se on muotoutunut kantamaan koko kehon painoa. Calcaneus muodostaa yhdessä jänneiden ja ligamenttien kanssa takajalan toiminnallisen yksikön. (Lawrence ym. 2013) Calcaneuksen kiputilat ovat yleisiä oireita avohoidon klinikoissa. Kiputilan taustalla voi olla useita erilaisia syitä, mutta mekaaniset etiologiat ovat kaikista yleisimpiä. Kiputilojen tutkimiseen voidaan käyttää röntgen- ja magneettikuvantamista. (Tu & Bytowski 2011) Calcaneuksen muotovariaatioiden ja niiden merkityksen selvittäminen voi auttaa ymmärtämään jalkaterän alueen kiputiloja ja mahdollistaa uusia hoitomuotoja.

Takajalan ja calcaneuksen morfologian mittaamiseen voidaan käyttää useita erilaisia parametrejä. (DiGiovanni & Smith 1976) Calcaneuksen muodon ja sen muotoa määrittävien mittausparametrien toistettavuudesta oireettomilla henkilöillä ei ole juurikaan julkaistua tutkimustietoa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää laajasti kansainvälisesti käytettyjä calcaneuksen morfologian määrittävien mittausparametrien toistettavuutta. Toistettavuuden olisi tärkeä olla mahdollisimman hyvää, jotta lausunnot, diagnoosit ja hoitolinjat olisivat mahdollisimman yhtenäiset riippumatta lausunnon antaneesta radiologista ja yksiköstä.

Pohjois-Suomen syntymäkohortti 1966 (KOHO66) sisältää asentokuormitetut AP(dorsoplantaari)- ja sivuröntgenkuvat 2000 potilaan molemmista jalkateristä. Tutkimuksen tutkimuspopulaatio on hyvin homogeeninen, koska tutkimusaineisto on kokonaan Pohjois-Suomen 1966 syntymäkohortista. Tämä kohortti tarjoaa erinomaisen aineiston, josta voidaan arvioida calcaneuksen muotovariaatioita oireettomasta populaatiosta ja selvittää laajasti käytettyjen calcaneuksen mittausparametrien toistettavuutta. Nämä löydökset voivat antaa mahdollisuuden saada uutta tietoa calcaneuksen muotovariaatioiden merkityksestä. Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää, millainen on paljon käytettyjen calcaneuksen mittausparametrien toistettavuus lukijan sisällä kerrasta toiseen ja lukijasta riippumatta eri kahden lukijan välillä.

2. TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN TAUSTA

LK Peltonen Miika käsitteli syventävien opintojen tutkielmassa *Kantaluun morfologia ja sen vaihtelut syntymäkohortti 1966 -aineistoissa, Oulun yliopisto 03/2017* calcaneuksen morfologiaa ja sen mittauksista julkaistua tieteellistä tutkimustietoa. 03/2018 suoritetussa tieteellisen tutkimustiedon haussa Pubmed- ja Medline-tietokannoista ei löydetty uutta tuoretta tutkimustietoa koskien LK Peltosen ja tämän tutkielman tutkimusaihetta.

2.1. Calcaneuksen anatomia

Kantaluu eli calcaneus ja telaluu eli talus ovat keskeisiä ihmisen jalkaterän rakenteita. Kantaluu on tärkeä jalkaterän biomekaniikan toiminnassa ja tärkeä osa jalkaterän yhtenäisyyttä. Näissä tarsaalisissa rakenteissa on normaalia variaatiota sekä koossa että muodossa ja mittasuhteissa. Calcaneus on kookkain tarsaaliluu ja se niveltyy taluksen ja cuboidaaliluiden kanssa. Röntgenkuvia voidaan käyttää näiden luisten rakenteiden muodon arviointiin ja niiden sijoittumiseen vierekkäisiin luihin ja rakenteisiin nähden. Jalkaterän röntgenkuvantamisessa standardikuvia tyypillisesti ovat AP-kuvat (dorsoplantaarikuva) ja sivukuvat. AP-kuvista arvioidaan jalkaterän poikittainen anatomia ja sivukuvista vastaavasti jalkaterän sagittaalinen anatomia. Lisäksi voidaan ottaa lisäkuvia, joita tyypillisesti ovat mediaalinen tai lateraalinen viistokuva. Jalkaterän luut ovat parhaiten arvioitavissa AP- ja sivukuvista. (Agoada 2018, Benson ym. 2007)

2.2. Calcaneuksen mittausparametrit

Calcaneuksen muotovariaatioiden mittaamiseen jalkaterän röntgenkuvista voidaan käyttää useita erilaisia parametreja. Calcaneuksessa on useita referenssikohtia, joita voidaan arvioida calcaneuksen sivukuvista. Seuraavassa on esitelty tässä tutkimuksessa käytetyt kahdeksan calcaneuksen mittausparametria.

Posterior process elevation (PPE)-parametri määritellään parallel pitch line (PPL)-apuviivojen avulla. Ensimmäinen PPL-viiva piirretään calcaneuksen etummaisen ja mediaalisen kyhmyn välille. Tämän viivan kanssa piirretään samansuuntainen toinen PPL-viiva, joka lähtee calcaneuksen subtalaarinivelen dorsaaliselä pinnalta. Mikäli calcaneuksen bursaalinen projektiio on tämän viivan yläpuolella, niin PPE on positiivinen

ja ylittävä etäisyys ilmoitetaan millimetreinä. Mikäli bursaalinen projektio on tämän alapuolella, niin PPE on negatiivinen ja tässä tutkimuksessa merkittiin tällöin nollassi. PPE-parametriä käytetään Haglundin syndrooman radiologisessa diagnostiikassa. (Pavlov ym. 1982, DiGiovanni & Smith 1976, Liite 1)

Calcaneal pitch (CP)-parametria käytetään pitkittäisen jalkaholvin muodon arvioimiseen. Pitkittäinen jalkaholvi on keskeisessä osassa arvioitaessa jalkaterän pes planusta ja pes cavusta. Calcaneal pitch -parametri määritellään piirtämällä viiva calcaneuksen alimmasta pinnasta calcaneo-cuboidaalinivelen alareunalle ja toinen viiva piirretään calcaneuksen alimmasta pinnasta V. metatarsaaliluun distaalipään alapinnalle. CP on näiden viivojen välinen kulma astelukuina ilmoitettuna. (Akdoğan ym. 2012, Gwani ym. 2017, Liite 2)

Calcaneal-first metatarsal angle (CMTA)-parametri määritellään piirtämällä viiva calcaneuksen alimmasta pinnasta calcaneo-cuboidaalinivelen alareunalla ja toinen viiva piirretään I. metatarsaaliluun varren myötäisesti. CMTA on näiden viivojen välinen kulma astelukuina ilmoitettuna. CMTA kulman suurentuminen viittaa pitkittäisen jalkaholvin madaltumiseen. (Gwani ym. 2017, Menz ym. 2008, Liite 2)

Talo-calcaneal inclination (TCI) -parametri määritellään piirtämällä ensin taluksen akselia kuvaava viiva taluksen takaosan nivelpinnasta taluksen etuosan nivelpintaan taluksen pään alapuolelle. Toinen viiva piirretään calcaneuksen alaosan kyhmyn ja I metatarsaaliluun kärjen alaosan välille. TCI on näiden viivojen välinen kulma astelukuina ilmoitettuna. Mikäli talus ja calcaneus projisoituvat talocalcaneaalinivelen etuosassa päällekkäin, niin taluksen akselia kuvaava linja piirretään päällekkäin projisoituvien osien keskikohdan tasolle. (Liite 3)

Calcaneal spur (CS) ei ole normaali jalkaterän rakenne. Se on kalkkeuma tai luukieleke calcaneuksen alapinnalla plantaarifaskian insertioalueen seudulla. Sen syntyyn johtavaa patofysiologiaan ei tarkasti tunneta, mutta erilaisia teorioita mm. krooniseen kuormitukseen liittyen on esitetty. CS on todettu esiintyvän usein myös oireettomilla potilailla. Mahdollisen CS:n pituus voidaan mitata jalkaterän sivusta otetusta röntgenkuvasta. (Menz ym. 2008, Singh ym. 2008, Liite 4)

Achilles spur (AS) ei ole jalkaterän normaali rakenne. Se on kalkkeuma tai luupiikki akillesjänteen insertioalueella calcaneuksessa. AS voi esiintyä akillesjänteen inflammatorisen tendiniitin yhteydessä. AS on todettu usein esiintyvän myös oireettomilla potilailla. (Agyekum & Ma 2015, Singh ym. 2008, Liite 4)

Calcaneal elevation (CE)-parametri on calcaneuksen alapuolella olevan pehmytkudoksen paksuuden mitta. (Waldt & Woertler 2014, Liite 5)

Chauveaux-Liet angle (CLA)-parametri määritellään calcaneuksen pystyasentokulman (α) ja morfologisenkulman (β) erotuksella ($\alpha-\beta$) ja se ilmoitetaan astelukuina. Pystyikulma määritellään vetämällä vaakatason suuntaisesti linja, jolla röntgenkuva on otettu ja toinen linja calcaneuksen etummaisen kyhmyn ja takimmaisen plantaarisen kyhmyn välille ja mittaamalla näiden linjojen välinen kulma astelukuina. Morfologinen kulma määritellään piirtämällä pystysuuntainen kohtisuora linja tasoon, jolla potilas seisoo, nähden ja toinen linja calcaneuksen suuren kyhmyn takimmaisen osan ja takayläosassa sijaitsevan harjanteen huipun välille. Näiden linjojen välinen kulma mitataan astelukuina. CLA on siis näiden kahden kulman pystyasentokulman eli α :n ja morfologisenkulman β :n välinen erotus. Suurentuneen CLA-kulman on havaittu korreloivat kantapään kiputiloihin. (Singh ym. 2008, Liite 6)

3. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Röntgenkuvaus on paljon käytetty tutkimusmenetelmä selvittäessä jalkaterän ja calcaneuksen alueen kiputiloja ja traumoja. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää lukijan sisäistä luennan toistettavuutta ja kahden lukijan välistä luennan toistettavuutta kansainvälisesti hyväksytyille ja käytetyille calcaneuksen morfologian määrittämiseen tarkoitetuille mittausparametreille. 03/2018 tehdyssä kirjallisuushaussa ei löytynyt julkaisuja tässä tutkimuksessa selvitettyjen calcaneuksen kahdeksan mittausparametrin luennan toistettavuudesta.

Kliinisen työn kannalta olisi tärkeää, että käytetyt mittausparametrit olisi määritelty niin, että niiden toistettavuus saman lukijan eri lukukerroilla ja toistettavuus eri lukijoiden välillä olisi mahdollisimman hyvin toistettavaa ja yhtenäistä. Myös teknisillä seikoilla, kuten näytön tarkkuudella ja näytön koolla, on todennäköisesti merkitystä

mittausparametrien luennan tarkkuuteen ja täten toistettavuuteen eri lukukerroilla eri lukijoilla. Tässä tutkimuksessa emme kuitenkaan ottaneet luennassa näitä mahdollisia teknisiä seikkoja huomioon, vaan kumpikin lukija luki kuvia eri näytöiltä, eikä olosuhteita, joissa kuvia luettiin, ollut tarkemmin määritelty. Tämä asetelma vastaakin hyvin klinisen työn tilannetta, sillä kuvia luetaan eri työpisteissä eri laitteilla.

4. TUTKIMUSAINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Tutkimusaineistosta

Tutkimusaineistona käytimme Pohjois-Suomen syntymäkohortti 1966 (KOHO66) potilasaineiston molempien jalkaterien sivuröntgenkuvia. Tässä tutkimuksessa jalkaterien röntgenkuvien lukijoita oli kaksi eli kuvien toistettavuutta selvitettiin kahden lukijan välillä. Lukijat olivat lääketieteen kandidaatteja ja tekivät calcaneuksen luentoja tässä tutkimuksessa ensimmäisiä kertaa. Muutenkaan kokemusta röntgenkuvien katselusta ei lääketieteen perusopintoja enempää ollut. Ennen varsinaisia tutkimusaineiston luentoja kumpikin lukija luki testijoukosta 10 jalkaparia, jonka jälkeen tulokset analysoitiin. Näin varmistettiin, että luennan perusteet olivat lukijoilla hallinnassa, kun varsinaisen tutkimusaineiston luenta aloitettiin.

Pohjois-Suomen syntymäkohortin 1966 aineistossa on yhteensä 2000 jalkaterän natiivisivuröngenkuvat. Toinen lukijoista luki aineistosta 1050 jalkaparia ja toinen 350 jalkaparia. Alun perin tarkoituksena oli, että kumpikin lukija lukisi 1050 jalkaparia eli yhteensä koko kohortin aineiston, mutta toisen lukijan aineisto supistui 350 jalkapariin aikapulan vuoksi.

Kuva-aineiston potilaiden henkilötunnukset oli korvattu viisinumeroisella ID-numerosarjalla ja kuvat löytyivät tietyn ID-numerosarjan takaa. Kummallekin lukijalle oli ohjaajan toimesta valmiiksi määritetty sadan ID:n sarakkeina Microsoft Excel-taulukossa luettavat ID:t. Näihin sarakkeisiin ID-numerosarjat oli jaettu satunnaisesti ja osa ID-numerosarjoista toistui kahteen kertaan sekä lukijan sisällä sarakkeissa että lukijoiden välillä sarakkeissa. Lukijoiden sisällä luennassa toistuivat eri ID-numerosarjat kuin lukijoiden välillä. Lukijoilla ei ollut etukäteen tietoa toistuvien kuvien ID:stä tai määristä.

Tutkimuksessa selvitettiin ainoastaan toisen lukijan sisäistä luennan toistettavuutta. Tämän mittaajan 350 röntgenkuvan aineistossa toistui yhteensä 20 jalkaparia ja näistä määritettiin lukijan sisäinen toistettavuus. Lukijoiden välillä aineistoissa toistui yhteensä 80 jalkaterän sivuröntgenkuvaparia. Sekä lukijan sisäistä että lukijoiden välistä calcaneuksen mittausero parametrien luennan toistettavuutta määritettiin edellä esitetyn kahdeksan parametrien avulla.

Mittausten tulokset kirjattiin taulukkoon kokonaislukuina ja pyöristettiin desimaaleista pyöristyssääntöjen mukaisesti lähimpään kokonaislukuun. Kliinisessä työssä vain harvoin käyttämiemme mittausero parametreja määritetään desimaalien tarkkuudella.

Calcaneuksen morfologian määrittämiseksi jalkaterien sivuröntgenkuvista mitattiin seuraavat kahdeksan erilaista yleisesti käytettyä mittausero parametria:

1. PPE (Posterior process elevation)
2. CP (Calcaneal pitch)
3. CMTA (Calcaneal-first metatarsal angle)
4. TCI (Talo-calcaneal inclination)
5. CS (Calcaneal spur)
6. AS (Achilles spur)
7. CE (Calcaneal elevation)
8. CLA (Chauveaux-Liet angle)

Liitteissä 1-6 esitetään parametrien mittaustekniikka.

Calcaneuksen mittaukset tehtiin NeaView-kuvankatseluohjelmalla, versio 2.31(Neagen Oy, Oulu). Mittaustulokset koottiin Microsoft Excel-tilastokalkulaattorilla, versio 16.10 (Microsoft Corporation, Redmond, WA). Tulokset analysoitiin SPSS-tilastokäsittelyohjelmalla, versio 21 (SPSS INC, Chicago, IL).

4.2. Tilastomatematisista menetelmistä

Toistettavuuden määrittämiseen tilastomatematisiksi menetelmiksi valikoituivat luokan sisäinen korrelaatiokerroin ICC ja kappa-arvo. Sekä toisen lukijan sisäistä toistettavuutta, että lukijoiden välistä toistettavuutta arvioitiin luokan sisäisen korrelaatiokertoimen (ICC) ja kappa-arvon avulla. Lukijan sisäistä toistettavuutta ja lukijoiden välistä toistettavuutta määritettiin samoilla tilastomatematisilla menetelmillä. ICC:tä käytettiin jatkuville muuttujille, jota oli kahdeksan kappaletta kummastakin jalkaparista. Tutkimuksessa käytimme siis kahdeksaa parametria, jotka olivat jatkuvia muuttujia ja kahta, jotka olivat luokiteltuja muuttujia. Täten jalkateristä määritettiin ICC-arvolla kahdeksan parametrin toistettavuutta ja kappa-arvolla kahden parametrin toistettavuutta.

4.2.1 Luokan sisäinen korrelaatiokerroin

Luokan sisäinen korrelaatiokerroin eli intraclass correlation coefficient (ICC) on suure, joka kuvaa luokkien samankaltaisuutta. Kyseessä ei siis ole varsinaisesti korrelaatio, vaan samankaltaisuuden mitta. Se ilmoittaa kuinka suuri osuus kokonaisvaihtelusta johtuu luokkien välisestä vaihtelusta. ICC voi saada arvoja väliltä -1.0 – 1.0 . ICC tyyppejä voidaan määrittää 10 erilaista riippuen siitä, mikä on tutkimusasetelma. Tähän vaikuttavat muun muassa, montako tutkijaa on, miten tutkijat on valittu, millaisia muuttujia on käytössä ja mitä tulkinnassa halutaan painottaa. Näistä valitaan tutkimusasetelma ja -menetelmät huomioon ottaen tutkimuksen tarkoitukseen sopivimmat. ICC:n valintaan vaikuttaa siten esimerkiksi se, onko tutkimuksen tutkijat valittu tutkimuksen tekijöiksi satunnaisesti populaatiosta vai juuri tietyt henkilöt tietystä populaatiosta. ICC:n valintaan vaikuttaa myös se, halutaanko kuvata arvojen konsistenttiutta vai absoluuttista yksimielisyyttä ja sallitaanko arvoissa toistuvaa virhettä suuntaan tai toiseen. Ennen ICC:n laskentaa täytyy siis valita tutkimuksen kannalta sopivin variantti sen eri muodoista. (Terry & Mae 2016)

ICC voi saada arvoja -1.0 – 1.0 ja näitä saatuja tuloksia tulkitaan seuraavasti. Arvot alle 0.5 osoittavat huonoa toistettavuutta, arvot välillä 0.5 ja 0.75 osoittavat kohtalaista toistettavuutta. Arvot 0.75 ja 0.9 välillä edustavat hyvää toistettavuutta ja arvot, jotka ovat suurempia kuin 0.90 , osoittavat erinomaista toistettavuutta.

4.2.2 Kappa-arvot

Luokitelluille muuttujille käytimme kappa-statistiikkaa, joka on laajasti käytettyä lääketieteellisessä tutkimuksessa kuvaamaan luokittelun välistä ja sisäistä toistettavuutta. (Cohen 1968, Hallgren 2012, McHugh 2012) Kappa voi saada arvoja väliltä -1.0 – 1.0 , mutta yleensä saadaan arvoja välillä 0.0 – 1.0 .

Kappa-kertoimen saamille arvoille ja niiden tulkinnoille on erilaisia ohjeita, mutta tässä tutkimuksessa käytimme seuraavia arvoja. Mikäli kappa -kerroin saa arvon <0.20 , on toistettavuus heikkoa, mikäli kappa saa aron välillä 0.21 – 0.40 on toistettavuus välttävää ja arvot välillä 0.41 – 0.60 osoittavat kohtalaista toistettavuutta. Arvot välillä 0.61 – 0.80 osoittavat hyvää toistettavuutta ja arvot välillä 0.8 – 1.0 kuvaavat erittäin hyvää toistettavuutta. (Flight & Julious 2015)

4.2.3 Tilastomatematiikan menetelmien valinta

Tähän tutkimukseen kaksi lukijaa valikoituivat satunnaisesti eli heitä ei valikoitu tietyistä populaatiosta. Mittaajat olivat lääketieteen kandidaatteja ja osoittivat opiskelujen alkuvaiheessa kiinnostuksensa tehdä syventävät opinnot radiologiasta ja tätä kautta tulivat valituksi aineiston mittaajiksi ja tämän tutkimuksen tekijöiksi. Tässä tutkimuksessa haluttiin tarkastella toisen mittaajan sisäistä luennan toistettavuutta ja juuri näiden kahden satunnaisesti tutkimukseen valitun mittaajan välistä luennan toistettavuutta.

ICC valittiin tilastomatematiikaksi menetelmäksi kaikille muille muuttujille paitsi luokitelluille muuttujille, joille käytettiin kappa-statistiikkaa. Tutkimukseen sopivaksi ICC menetelmäksi valittiin sekä lukijan sisäisen toistettavuuden arviointiin, että lukijoiden välisen toistettavuuden arviointiin two-way mixed effects, sillä tämä vastasi tutkimusasetelmaa parhaiten. Mittaajan sisäisen toistettavuuden arvioinnin tuloksiin valittiin ICC:n tyyppi single measurements ja definitioniksi absolute agreement. Kahden mittaajan välisen toistettavuuden arviointiin valittiin tyyppi single rater ja definitioniksi concistency.

Tutkimuksessa käyttämistämme mittaussparametreista kuusi oli jatkuvaa muuttujaa ja kaksi käyttämistämme parametreista oli luokiteltuja muuttujia. Luokiteltuja muuttujia olivat calcaneal spurin ja achilles spurin olemassaolo. Spur-mittaukset jaettiin kahteen osaan ja

merkittiin Microsoft Excel -taulukkoon peräkkäin. Lukijat määrittivät mittauksien aluksi taulukkoon calcaneal spur ja achilles spur olemassaolon johonkin seuraavista kolmesta luokasta: 0= ei ole spur, 1= mahdollinen spur ja 2= varma spur. Tämän jälkeen luokat 1 ja 2 eli mahdollinen spur ja varma spur mitattiin ja näiden arvo kirjattiin taulukkoon seuraavaan sarakkeeseen millimetreinä. Spurit, jotka luokiteltiin luokkaan 0 eli ei spur, saivat automaattisesti myös pituudeksi nolla.

5. TULOKSET

Alla on esitetty kunkin mitatun kahdeksan parametrin toistettavuuden tulokset taulukoissa ICC ja kappa-arvoina. Lisäksi ilmoitettuna on myös 95% luottamusväli. Tulokset on ilmoitettu peräkkäin kunkin parametrin osalta lukijoiden välisestä luennan toistettavuudesta ja lukijan sisäisestä luennan toistettavuudesta. Kunkin parametrin osalta taulukon alla on sanallinen kuvaus saadusta tuloksesta.

5.1 Posterior process elevation (PPE)

Taulukko 1.a. Lukijoiden välisen luennan toistettavuus.

N=80	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,962	0,970
Luottamusväli 95%	0,941-0,976	0,954-0,981

Lukijoiden välien luennan toistettavuus PPE-mittauksissa oli erinomaista kummankin jalkaterän osalta. Tämän tuloksen perusteella voidaan päätellä, että posterior process elevation on määritelty niin, että sen toistettavuus on erinomaista lukijoiden välillä.

Taulukko 1.b. Lukijan sisäisen luennan toistettavuus.

N=20	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,966	0,919
Luottamusväli 95%	0,917-0,987	0,808-0,967

Lukijan sisäisen luennan toistettavuus oli erinomaista kummankin jalkaterän osalta. Täten voidaan päätellä, että posterior process elevation on määritelty niin, että sen luennan toistettavuus on erinomaista lukijan sisällä.

5.2 Calcaneal pitch (CP)

Taulukko 2.a. Lukijoiden välisen luennan toistettavuus.

N=80	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,934	0,988
Luottamusväli 95%	0,898-0,958	0,981-0,992

Calcaneal pitch- kulman toistettavuus oli erinomaista lukijoiden välillä.

Taulukko 2.b. Lukijan sisäisen luennan toistettavuus.

N=20	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,990	0,992
Luottamusväli 95%	0,976-0,996	0,981-0,997

Calcaneal pitch-kulman toistettavuus oli erinomaista lukijan sisällä.

5.3 Calcaneal-first metatarsal angle (CMTA)

Taulukko 3.a. Lukijoiden välisen luennan toistettavuus

N=80	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,965	0,963
Luottamusväli 95%	0,946-0,978	0,943-0,976

Lukijoiden välinen toistettavuus oli erinomaista CMTA-kulman mittauksessa.

Taulukko 3.b. Lukijan sisäisen luennan toistettavuus.

N=20	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,984	0,987
Luottamusväli 95%	0,960-0,993	0,967-0,995

Lukijan sisäinen toistettavuus oli erinomaista CMTA-mittauksessa.

5.4 Talo-calcaneal inclination (TCI)

Taulukko 4.a. Lukijoiden välisen luennan toistettavuus.

N=80	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,857	0,851
Luottamusväli 95%	0,777-0,908	0,767-0,904

Lukijoiden välinen luennan toistettavuus oli hyvää TCI-mittauksissa. Näissä mittauksissa tuli jonkin verran hajontaa lukijoiden mittaamien kulmien suuruuden välillä. Calcaneus ja talus kuvautuivat osassa jalkaterän sivunatiiviröntgenkuvissa osin päällekkäin ja tämä vaikeutti TCI- kulmaan vaadittavan taluksen akselin suuntaisen suoran asettamista. Tästä on todennäköisesti seurausta TCI-kulman arvojen huonompi toistettavuus verrattuna edellisiin parametreihin. Mittaajan sisäisen luennan toistettavuus TCI-parametrille sen sijaan oli erinomaista. Tästä voidaan päätellä, että taluksen akselin arvioinnissa, tulkinnassa oli eroa lukijoiden välillä.

Taulukko 4.b. Lukijan sisäisen luennan toistettavuus.

N=20	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,972	0,955
Luottamusväli 95%	0,925-0,989	0,891-0,982

Kuten edellä mainittu, lukijan sisäinen luennan toistettavuus oli erinomaista TCI-mittauksissa.

5.5.1 Calcaneal spur (CS)–esiintyminen

Taulukko 5.1.a. Lukijoiden välisen luennan toistettavuus.

N=80	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
Kappa	0,33	0,232

Lukijoiden välisen luennan toistettavuus calcaneal spur-olemassaolon osalta oli välttävää sekä oikean että vasemman jalkaterän osalta.

Taulukko 5.1.b. Lukijan sisäisen luennan toistettavuus.

N=20	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
Kappa	0,652	0,592

Lukijan sisäinen toistettavuus calcaneal spur-olemassaolon osalta on vasemmassa jalkaterässä hyvää ja oikeassa kohtalaista. Lukijan sisällä saatiin siis hieman parempi toistettavuus kuin lukijoiden välillä calcaneal spur-olemassaolon osalta.

5.5.2 Calcaneal spur (CS)– pituus

Taulukko 5.2.a. Lukijoiden välisen luennan toistettavuus.

N=80	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,952	0,863
Luottamusväli 95%	0,926-0,969	0,786-0,912

Lukijoiden välinen luennan toistettavuus oli vasemman jalkaterän calcaneal spurin pituuden osalta erinomaista ja oikean jalkaterän osalta hyvää. Seuraava ongelma selittää ainakin osin calcaneal spur-mittauksien tuloksia. Mikäli lukija oli määritellyt, että spur ei ole, oli calcaneal spurin mitta automaattisesti 0 mm. Jos taas lukija, oli luokitellut spurin mahdollisena eli luokkaan 1, sai spur tällöin kuitenkin arvon millimetreinä esimerkiksi 6 mm, ja näin vaikutti merkittävästi saatuun ICC-arvoon. Mikäli spur luokiteltiin yhdellä lukukerralla luokkaan 0 ja toisella luokkaan 1, ja luokassa 0 se sai automaattisesti arvoksi 0 mm ja toisella mittauksella luokassa 1 arvon 13 mm, saatiin tuloksissa suurta hajontaa.

Tämä näkyi sekä lukijoiden välisen, että sisäisen toistettavuuden arvioinnissa matalampina ICC-arvoina ja suuressa luottamusvälissä.

Taulukko 5.1.b. Lukijan sisäisen luennan toistettavuus.

N=20	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,943	0,619
Luottamusväli 95%	0,863-0,977	0,248-0,831

Lukijan sisäinen toistettavuus vasemman jalkaterän osalta on erinomaista ja oikean kohtalaista. Tässä nähdään sama ongelma kuin edellä kuvatussa lukijoiden välisen luennan toistettavuuden arvioinnissa calcaneal spur pituudessa. Kun on luokiteltu yhdessä mittauksessa spur luokkaan 1 eli mahdollinen supr ja toisessa mittauksessa luokkaan 0 eli ei spur ja spur pituus mahdollisessa luokassa 1 on 13mm, johtaa tämä pienempään ja täten huonompaan ICC-arvoon. Tässä nähdään jälleen todella suuri luottamusväli 0,248-0,831 oikeassa jalkaterässä, joka kuvaa mittauksien suurta hajontaa. Jo muutama suuresti toisistaan eroava mittaus huonontaa ICC:llä arvioituna toistettavuutta merkittävästi. Lukijat olivat kokemattomia ja heidän osalta osasta kuvista spurien olemassaolon ja pituuden arvioiminen oli erittäin haasteellista.

5.6.1 Achilles spur (AS)–esiintyminen

Taulukko 6.1.a. Lukijoiden välisen luennan toistettavuus.

N=80	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
Kappa	0,53	0,273

Achilles spur- esiintymisen luennan toistettavuus kappa-arvon perusteella on kohtalaista vasemmassa jalkaterässä ja oikeassa välttävää lukijoiden välillä. Achilles spur- olemassaolon luokittelussa oli näiden tulosten perusteella havaittavissa samaa ongelmaa kuin calcaneal spurin olemassaolon luokittelussa mutta vähemmässä määrin.

Taulukko 6.1.b. Lukijan sisäisen luennan toistettavuus

N=20	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
Kappa	0,691	0,828

Lukijan sisäisessä luennassa achilles spur-esiintymisen toistettavuus kappa-arvon perusteella on vasemmassa jalkaterässä hyvää ja oikeassa erittäin hyvää.

5.6.2 Achilles spur– pituus

Taulukko 6.2.a. Lukijoiden välisen luennan toistettavuus.

N=80	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,845	0,852
Luottamusväli 95%	0,758-0,900	0,770-0,905

Achilles spur- pituuden luennan toistettavuus vasemman ja oikean jalkaterän osalta oli mittaajien välillä hyvää. Tämän tuloksen perusteella achilles spur-pituus oli mahdollisesti lukijoille helpommin määriteltävissä kuin calcaneal spur-pituus.

Taulukko 6.2.b. Lukijan sisäisen luennan toistettavuus.

N=20	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,407	0,995
Luottamusväli 95%	-0,28-0,713	0,988-0,998

Lukijan sisäinen toistettavuus oli huonoa vasemman jalan osalta ja erinomaista oikean jalan osalta. Vasemman jalkaterän osalta luottamusväli on todella suuri, mikä kuvaa hyvin suurta hajontaa mittauksien arvoissa.

Myös näissä spurin pituuden mittauksissa havaitaan edellä kuvattua ongelmaa. Mikäli spur on luokiteltu yhdessä mittauksessa mahdolliseksi eli luokkaan 1 ja pituus esimerkiksi 5 mm ja toisessa mittauksessa luokkaa 0 eli ei spur ja pituus on tällöin 0, niin luennan toistettavuus huononee ICC: llä määritettynä merkittävästi jo muutaman toisistaan eroavan mittauksen osalta näin pienellä aineistolla.

5.7 Calcaneal elevation (CE)

Taulukko 7.a. Lukijoiden välisen luennan toistettavuus.

N=80	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,971	0,975
Luottamusväli 95%	0,955-0,981	0,961-0,984

Calcaneal elevation mittauksissa lukijoiden välinen toistettavuus oli erinomaista sekä oikean että vasemman jalkaterän osalta.

Taulukko 7.b. Lukijan sisäisen luennan toistettavuus.

N=20	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,986	0,966
Luottamusväli 95%	0,964-0,994	0,917-0,986

Calcaneal elevation- mittauksissa lukijan sisäinen toistettavuus oli erinomaista sekä oikean että vasemman jalkaterän osalta.

5.8 Chauveaux-Liet angle (CLA)

Taulukko 8.a. Lukijoiden välisen luennan toistettavuus.

N=80	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,667	0,584
Luottamusväli 95%	0,480-0,786	0,351-0,733

Chauveaux-Liet anglen toistettavuus lukijoiden välillä vasemman ja oikean jalkaterän osalta oli kohtalaista. Luottamusväli on kummankin jalkaterän osalta näissä mittauksissa suuri. Tämä johtuu siitä, että hajonta mittauksien arvoissa oli melko suurta. Chauveaux-Liet angle muodostuu alfa- ja beeta- kulmista. Mittauksien tulosten tarkastelussa havaittiin, että etenkin beeta-kulman saamissa arvoissa oli hajontaa mittajien välillä ja tämä johti myös CLA-arvojen suurempaan hajontaan lukijoiden välillä.

Taulukko 7.b. Lukijan sisäisen luennan toistettavuus.

N=20	Vasen jalkaterä	Oikea jalkaterä
ICC	0,961	0,928
Luottamusväli 95%	0,905-0,984	0,826-0,971

Chauveaux-Liet anglen luennan toistettavuus lukijan sisällä on erinomaista. Ainostaan oikean jalkaterän luennan luottamusvälin alaraja menee hyvän puolelle. Tästä voidaan päätellä, että lukijan sisällä toistettavuus oli todella hyvää ja että sama lukija tulkitsti toistetusti samalla tavalla myös beeta kulman määrittystä.

6. POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää lukijan sisäistä luennan toistettavuutta ja kahden lukijan välistä luennan toistettavuutta kansainvälisessä kirjallisuudessa hyväksytyille ja kliinisessä työssä paljon käytetyille calcaneuksen kahdeksalle mittaussparametrille. Kirjallisuushaussa vastaavaa tutkimusta calcaneuksen mittaussparametrien luennan toistettavuudesta ei löytynyt.

Tulokset luennan toistettavuudesta calcaneuksen eri mittaussparametreille ICC- ja kappa arvoilla olivat varsin hyvin toistettavissa lukijan sisällä sekä oikean että vasemman jalkaterän osalta. Kahden mittajaan välillä, näillä käytetyillä tilastomatematisilla menetelmillä, hajontaa tuli luennan toistettavuudessa jonkin verran osassa mitatusta parametreista. Tarkempaa selvitystä ja pohdintaa luennan toistettavuudesta jokaisesta mitatusta parametreista löytyy kappaleesta 5. tulokset.

Kumpikin mittaja oli kuvia lukiessaan lääketieteen kandidaatteja ja kokemusta röntgen kuvien katselusta tätä tutkimusta aiemmin ei lääketieteen perusopintoja enempää ollut. Luentojen edetessä toki kokemusta luennasta kertyi kummallekin mittajalle, mutta tätä ei tässä tutkimuksessa erikseen tarkasteltu. Tutkimuksen tulos luennan toistettavuudesta eri parametreille voisi olla erilainen tarkasteltaessa kokeneiden mittajien sisäistä luennan toistettavuutta ja mittajien välistä toistettavuutta.

Tämän tutkimuksen heikkoutena lukijan sisäistä toistettavuutta tarkasteltaessa on verrattaen pieni aineisto. Lukijan sisäisen luennan toistettavuuden määrittämiseen aineistoksi saatiin 20 toistunutta jalkaparia 350 jalkaparin aineistosta. Tällöin kappaleessa 5. käsitellyt ongelmat tiettyjen mittausparametrien määritelmien osalta saavat suuren merkityksen ja voivat huomattavasti vaikuttaa luennan toistettavuuden tulokseen näin pienessä aineistossa. Lukijoiden välistä toistettavuutta sen sijaan määritettiin 80 jalkaparin aineistosta, mikä onkin jo huomattavasti suurempi otos ja toistettavuuden arvioiminenkin on tämän kokoisesta aineistosta luotettavampaa.

Parametreista calcaneal spur- ja achilles spur-mittaukset osoittautuivat huonoiten toistettaviksi sekä lukijan sisäisen toistettavuuden arvioinnissa että lukijoiden välisen toistettavuuden arvioinnissa. Näissä mittauksissa tuli eniten hajontaa sekä lukijan sisäisissä mittauksissa eri lukukerroilla että lukijoiden välillä. Ongelman aiheutti seuraava asetelma tutkimuksessa: Aluksi määritettiin luokkiin calcaneal spurin ja achilles spurin olemassaolo. Calcaneal spur ja achilles spur luokat määritettiin ja luokiteltiin seuraavasti: 0= spur ei ole, 1= mahdollinen spur ja 2= varma spur. Tämän jälkeen määritettiin spurin pituus millimetreinä ja tämä merkittiin viereiseen sarakkeeseen. Mittauksissa taulukkoon merkittiin automaattisesti 0 mm, mikäli spurin luokka oli 0 eli spur ei ole. Mahdolliset spurit eli luokka 1 ja varmat spurit eli luokka 2 mitattiin ja merkittiin spurin pituussarakkeeseen millimetreinä. Kun spur merkittiin yhdellä mittauksella luokkaan 0 eli ei spur ja pituudeksi tuli tällöin automaattisesti 0 mm ja toisella mittauksella luokkaan 1 eli mahdolliseksi ja spur oli korkea esimerkiksi 7mm, seurasi tästä merkittävää eroa kahden mittauskerran tai mittaaajien välillä ja täten myös toistettavuus ICC- ja kappa-arvoilla huononi merkittävästi. Koska mittaaajilla ei ollut juurikaan aiemmin kokemusta röntgenkuvien katselusta, luennasta ja näiden parametrien määrittämisestä, oli spurien luokittelu osasta kuvista todella haastavaa. Aineistosta havaittiin lukijoiden välillä ero luokan 1 eli mahdollinen spur käytössä. Toinen lukijoista oli luokitellut huomattavasti enemmän mahdollisia spureja ja toinen ei ollut juurikaan käyttänyt luokittelussa luokkaa 1 eli mahdollinen spur. Todennäköisesti tässä on ollut mittaaajien välillä herkkyys ja tulkinta eroa, luokitellaanko spur mahdollisesti olevaksi, vai määritelläänkö se mieluiten luokkiin ei ole tai on. Tämän seurauksena myös mittaukset ja näiden toistettavuus eroavat huomattavasti toisistaan. Osassa jalkateriä oli runsaasti degeneratiivisia muutoksia ja tästä johtuen spurien määrittäminen oli haasteellista tehdä. Etenkin kokemattomalle röntgenkuvien lukijalle oli haasteellista erottaa spureja ja muita degeneratiivisia muutoksia toisistaan.

Yllättävän hyvää toistettavuutta saatiin talo- calcaneal inclination ja Chauveaux-Liet anglen mittauksissa. Talo- calcaneal inclination luentaa ja mittauksia tehdessä tuntui ajoittain hyvin haastavalta määrittää tämän kulman määrittämiseen tarvittavaa taluksen akselin suuntaista linjaa, kun talus ja calcaneus kuvautuivat osin päällekkäin. Chauveaux-Liet angeleen tarvittavan beeta-kulman määrittämisessä haasteellista oli osassa kuvista määrittää takimmaisen kyhmyn sijaintia ja calcaneuksen harjanteen huippua. Osassa jalkateriä oli runsaasti degenratiivisia muutoksia, mikä hankaloitti takimmaisen kyhmyn ja harjanteen sijainnin arviointia. Osa calcaneuksista oli hyvin eri mallisia ja muun muassa harjanteen huipun arviointi oli osassa kuvista todella haastavaa, kun selkeää harjanteen huippua ei ollut vaan calcaneuksen takayläosa kohosi tasaisesti huippuunsa.

Tutkimusta calcaneuksen mittausparametrien luennan toistettavuudesta tarvitaan lisää. Tässä tutkimuksessa tutkimuspopulaatio oli varsin yhtenevää, sillä koko aineisto koostui Pohjois-Suomen syntymäkohortti 1966 kuvista. Tämän tutkimuksen lukijat olivat kokemattomia röntgenkuvien luennassa ja olisikin mielenkiintoista nähdä vastaavan tutkimuksen tulokset kokeneempien lukijoiden toistettavuudesta.

8. LÄHTEET

Agoada D. The relationship between linear osteological and radiographic measurements of the human calcaneus and talus. *Anat Rec* 2018; 301:21-33

Agyekum EK, Ma K. Heel pain: A systematic review. *Chin J Traumatol* 2015; 18:164-169
Akdoğan I, Akkaya S, Akkaya N, Kiter E. Comparison of the calcaneal pitch angle and modified projection are per length squared method for medial longitudinal arch evaluation of the foot. *Balkan Med J* 2012; 29:406-409

Benson E, Conroy C, Hoyt DB, Eastman AB, Pacyna S, Smith J, Kennedy F, Velky T, Sise M. Calcaneal fractures in occupants involved in severe frontal motor vehicle crashes 2007; 39: 794-799

DiGiovanni JE, Smith SD. Normal biomechanics of the adult rearfoot: a radiographic analysis. *J Am Podiatry Assoc* 1976; 66:812-824

Gwani AS, Asari MA, Mohd Ismail ZI. How the three arches of the foot intercorrelate. *Folia Morphol* 2017; 76:682-688

Lawrence DA, Rolen MF, Morshed KA, Moukaddam H. MRI of heel pain. *AJR Am J Roentgenol* 2013; 200:845-855

Menz HB, Zammit GV, Landorf KB, Munteanu SE. Planter calcaneal spurs in older people: longitudinal traction or vertical compression. *J Foot Ankle Res* 2008; 1:1-7

Pavlov H, Heneghan MA, Hersh A, Goldman AB, Vigorita V. The Haglund syndrome: initial and differential diagnosis. *Radiology* 1982; 144:83- 88

Sarna S (2012). Kliinisen biostatistiikan jatkokurssi. Helsingin yliopisto.
<http://www.mv.helsinki.fi/home/sarna/Opetus/Moniste%20Osa%202>. Luettu 11.4.2018

Singh R, Rohilla R, Siwach RC, Magu NK, Sangwan SS, Sharma A. Diagnostic significance of radiologic measurements in posterior heel pain. *Foot* 2008; 18:91-98
 Sundararajan PP, Wilde TS. Radiographic, clinical and magnetic resonance imaging analysis of insertional Achilles tendinopathy. *J Foot Ankle Surg* 2014; 53:147-151

Terry K. Koo, Mae Y. Li. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine* 2016; 15:155–163

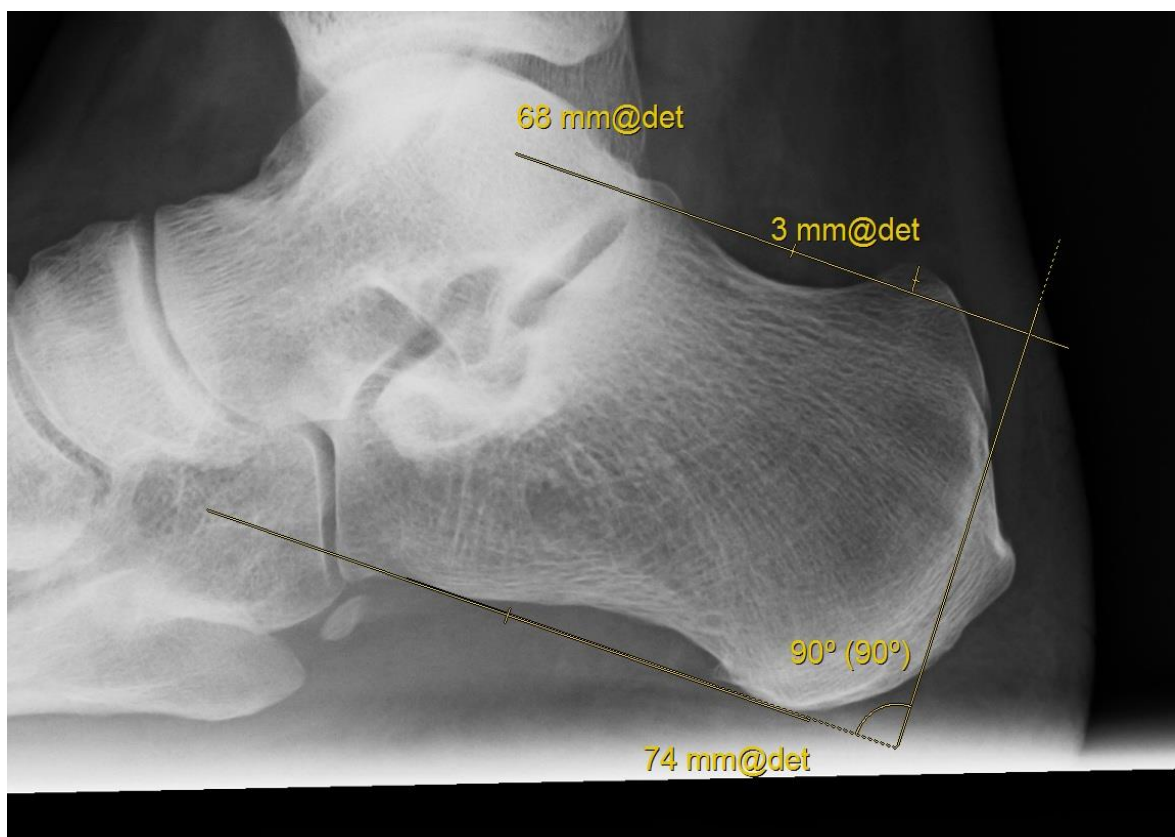
Tu P, Bytowski JR. Diagnosis of heel pain. *Am Fam Physician* 2011; 84:909-916

Waldt S, Woertler K. Measurements and Classifications in Musculoskeletal Radiology. 4th edition, Thieme 2014

MEASUREMENT METHODOLOGY – DEFINITION OF THE EIGHT MEASURED PARAMETERS

1. POSTERIOR PROCESS ELEVATION (Haglund's deformity)

A reference line PPL1 is drawn between anterior plantar tubercle and the tangent of the posterior plantar tubercle. A criteria line PPL2 is drawn parallel to PPL1 and placed on the posterior end of the calcaneal surface of the subtalar articulation. A calcaneal process elevated superficially to the PPL2 line is a positive finding and measured in mm. A calcaneal process at or inferior to the PPL2 is a negative finding with no clinical significance and is marked as 0mm.

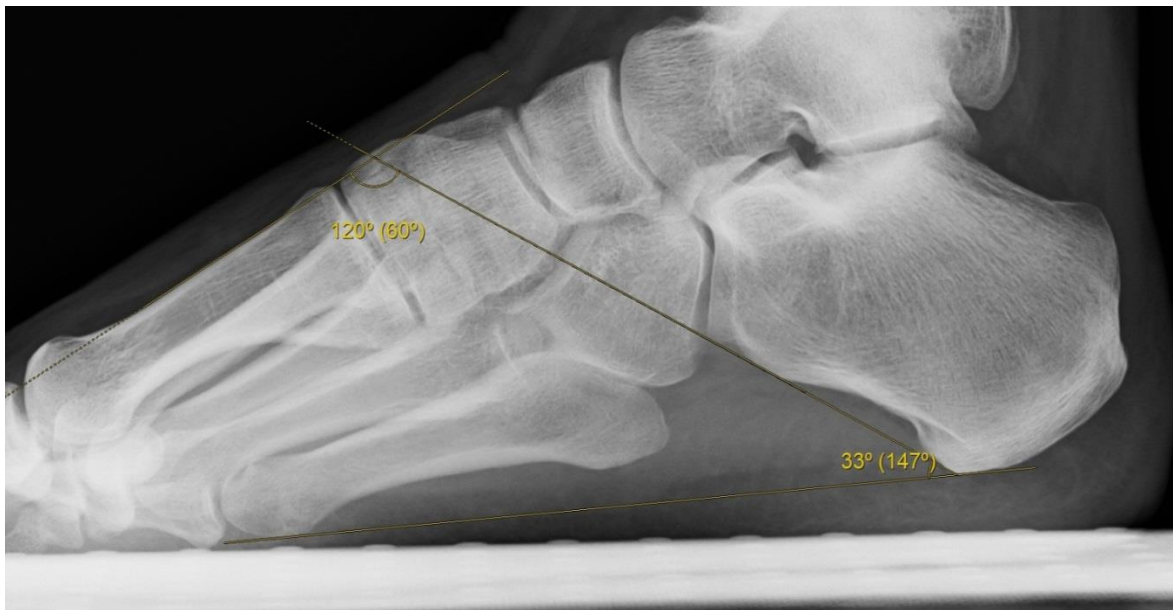


Picture 1. Posterior Process Elevation, positive finding measured as 3mm.

2. CALCANEAL PITCH AND 3. CALCANEAL – FIRST METATARSAL ANGLE

CALCANEAL PITCH: A line is drawn from the plantar-most surface of the calcaneus to the inferior border of the distal calcaneo-cuboideal articular surface. The angle made between this line and the line from the plantar surface of the calcaneus to the inferior surface of the 5th metatarsal head is the calcaneal pitch.

CALCANEAL – FIRST METATARSAL ANGLE: A line is drawn from the plantar-most surface of the calcaneus to the inferior border of the distal calcaneo-cuboideal articular surface. The angle made between this line and the line running parallel with the diaphysis of the first metatarsal is the calcaneal – first metatarsal angle.



Picture 2. Calcaneal pitch of 33 degrees and calcaneal – first metatarsal angle of 120 degrees.

4. TALO-CALCANEAL INCLINATION (TCI)

A line representing talar axis is drawn from the posterior talar articular surface to the anterior articular surface at the underside of the talar head. Another line is drawn from the inferior aspect of the calcaneal tuberosity to the base of the first metatarsal head. TCI is the angle between these two lines.

In cases where talus and calcaneus overlap at the anterior talocalcaneal articulation, the talar axis line is drawn under the talar head between the overlapping a) talar head (inferior to the assumed “average” articulation surface), and b) calcaneus (superior to the assumed “average” articulation surface).



Picture 3. Talo-calcaneal inclination (TCI) of 19 degrees.

5. CALCANEAL TENDON SPUR AND 6. ACHILLES TENDON SPUR

CALCANEAL TENDON SPUR: a spur-like structure shown as an extension of the bony structure in the anterior surface of the inferior-posterior calcaneal process, in the direction of the plantar fascia pull.

ACHILLES TENDON SPUR: a spur-like structure shown as an extension of the bony structure in the posterior calcaneal process, in the direction of the Achilles tendon pull.

For both spurs, the following was defined:

- Spur classification: 0 = no spur evident, 1 = definite spur, 2 = possible spur.
- Spur measurement in millimeters.



Picture 4. Calcaneal spur of 1mm and Achilles tendon spur of 7mm. Classification for both spurs is 'definite spur'.

7. CALCANEAL ELEVATION

Distance in mm between most inferior aspect of the calcaneus and the surface of the standing platform. It is accepted that this measurement is different than 'heel fat pad'.



Picture 5. Calcaneal elevation of 10mm.

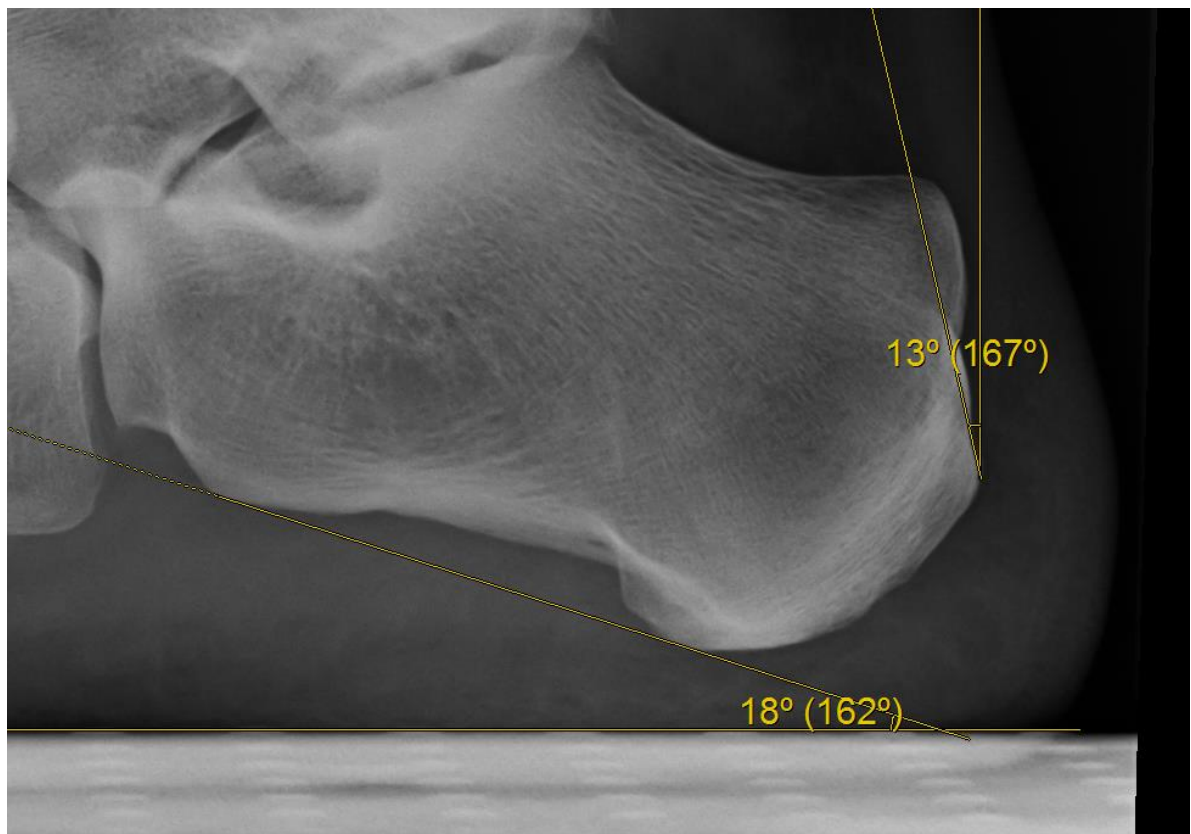
8. CHAUVEAUX-LIET ANGLE

The **Chauveaux–Liet angle** (CL angle) is represented by the difference between the angle of verticalization (α) and morphologic angle (β) of the calcaneus ($\text{CL angle} = \alpha - \beta$).

Angle alfa is the angle of verticalization of calcaneus described as the intersection of the horizontal surface (level of patient standing support) tangent to the line drawn along the anterior tubercle and the posterior plantar tubercle, see Picture 6.

The angle beta is formed between the vertical line tangent to the most posterior point of greater tuberosity (possible achilles spur is not used as measurement point) and the straight line joining this point to the apex of the posterosuperior crest. Crest apex is defined as the most superior aspect of the crest.

A CL angle of more than 12 degrees is considered abnormal, such as in Haglund syndrome.



Picture 6. Angle alfa of 18 degrees and angle beta of 13 degrees. The **Chauveaux–Liet angle** (CL angle) is $18 - 13 = 5$ degrees.